

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AB

(11)Publication number : 2001-148669

(43)Date of publication of application : 29.05.2001

(51)Int.Cl.

H04B 10/17

H04B 10/16

H01S 3/06

H01S 3/10

H04J 14/00

H04J 14/02

(21)Application number : 2000-302698

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 28.10.1997

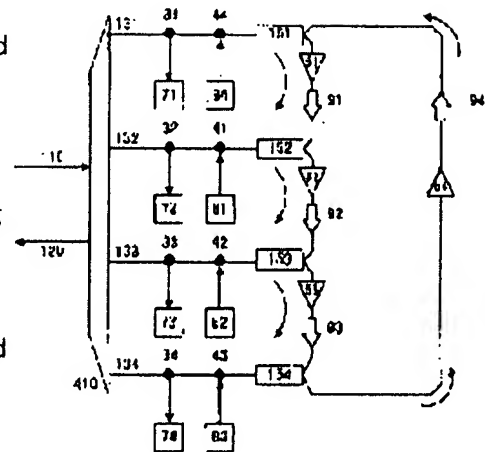
(72)Inventor : SHIMOMURA HIROSHI

## (54) WAVELENGTH MULTIPLEXED LIGHT REPEATER

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce light loss inside a node and to suppress exciting light output to the rear part of an EDFA gate switch.

SOLUTION: Signal light outputted to an optical transmission line 131 is outputted to a gate type light amplifier 51 by the demultiplexing function of a wavelength multiplexed light branching 151. The signal light light-amplified in the gate type light amplifier 51 is inputted through an optical isolator 91 to the wavelength multiplexed light branching 152, outputted to the optical transmission line 132 by the multiplexing function, then multiplexed with other wavelength light in an optical demultiplexer/multiplexer 410 and outputted to the optical transmission line 120. The signal light from the transmission line 131 is branched by optical branching 31 and inputted to an optical receiver 71. For the insertion of optical signals, the gate type light amplifier 51 is turned to an OFF state and the signal light outputted from an optical transmitter 81 is connected through the light branching 41 to the optical transmission line 132 and outputted through the optical demultiplexer/multiplexer 410 to the optical transmission line 120. Since the wavelength multiplexed light branching 151-154 demultiplex and multiplex the light of different wavelengths with low loss, the loss is lowered by 5 dB or more compared to the case of using the light branching of one-to-one correspondence.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.10.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] withdrawal

[Date of final disposal for application] 23.05.2003

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)特許出願公開番号

特開2001-148669

(P2001-148669A)

(43)公開日 平成13年5月29日(2001.5.29)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データベース*(参考)	
H 0 4 B	10/17	H 0 1 S	3/06	B
	10/16		3/10	Z
H 0 1 S	3/06	H 0 4 B	9/00	J
	3/10			E
H 0 4 J	14/00			

審査請求 有 請求項の数12 OL (全 14 頁) 最終頁に競く

(21)出願番号 特願2000-302698(P2000-302698)  
(62)分割の表示 特願平9-311071の分割  
(22)出願日 平成9年10月28日(1997. 10. 28)

(71)出願人 000004237  
日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 下村 博史  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

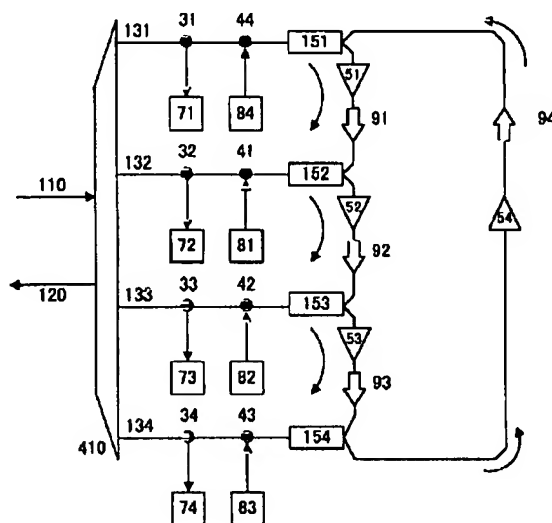
(74)代理人 10010511  
弁理士 鈴木 康夫 (外1名)

(54) 【発明の名称】 波長多重光中継装置

(57) 【要約】

【課題】 ノード内での光損失を減らし、又EDFAゲートスイッチ後方への励起光出力を抑制する。

【解決手段】 光伝送路131に出力された信号光は、波長多重光分岐151の分波機能によりゲート型光増幅器51へ出力される。ゲート型光増幅器51で光増幅された信号光は、光アイソレータ91を経て波長多重光分岐152へ入力され、その合波機能により光伝送路132へ出力される。そして光分合波器410で他の波長光と合波されて光伝送路120に出力される。伝送路131からの信号光の分岐は、光分岐31により行われ、光受信器71へ入力される。光信号の挿入は、ゲート型光増幅器51をオフの状態にし、光送信機81から出力された信号光を、光分岐41を介して光伝送路132に接続し、光分合波器410を経由して光伝送路120に出力する。波長多重光分岐151～154は、異なる波長の光を低損失で光分合波できるため、1対1の光分岐を用いた場合よりも5dB以上低損失となる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 光伝送路と、

前記光伝送路に接続された不純物添加光ファイバと、  
励起光を前記不純物添加光ファイバに入力して、前記不  
純物添加光ファイバを光励起する励起光源と、  
前記励起光源と前記光伝送路に入力された信号光とを合  
波し、前記不純物添加光ファイバに出力する第1の波長  
多重分岐と、

前記不純物添加光ファイバで光増幅された信号光から前  
記不純物添加光ファイバ内で吸収されなかった前記励起  
光を分離し、光増幅された信号光を出力する第2の波長  
多重分岐とを備えていることを特徴とする光増幅器。

## 【請求項2】 光伝送路と、

前記光伝送路に接続された不純物添加光ファイバと、  
励起光を前記不純物添加光ファイバに入力して、前記不  
純物添加光ファイバを光励起する励起光源と、  
前記励起光源と前記光伝送路に入力された信号光とを合  
波し、前記不純物添加光ファイバに出力する第1の波長  
多重分岐と、

前記不純物添加光ファイバで光増幅された信号光から、  
前記不純物添加光ファイバ内で吸収されなかった前記励  
起光を分離し、光増幅された信号光を出力する第2の  
波長多重分岐と、

前記第2の波長多重分岐で分離された前記励起光を入力  
し、前記励起光波長のみを反射する光反射ミラーと、  
前記反射ミラーを透過した光をモニタする光モニタとを  
備え、

前記分離された励起光を前記光反射ミラーで反射させ前  
記第2の波長多重分岐を介して再度前記不純物光ファイ  
バに入力するとともに、前記光反射ミラーを透過した漏  
洩信号光の光強度、S/N比等を光モニタすることを特  
徴とする光増幅器。

## 【請求項3】 光伝送路と、

前記光伝送路に接続された不純物添加光ファイバと、  
励起光を前記不純物添加光ファイバの入力側から入力し  
て、前記不純物添加光ファイバを光励起する第1の励起  
光源と、

前記第1の励起光源からの励起光と前記光伝送路に入力  
された信号光とを合波し、前記不純物添加光ファイバに  
出力する第1の波長多重光分岐と、

励起光を前記不純物添加光ファイバの出力側から入力し  
て、前記不純物添加光ファイバを光励起する第2の励起  
光源と、

前記第2の励起光源からの励起光を前記不純物添加光フ  
ァイバの出力側から入力する第2の波長多重光分岐とを  
備え、

前記光伝送路に入力した信号光を、前記第1及び第2の  
励起光源から出力する励起光によって光励起された前記  
不純物添加光ファイバによって光増幅し、さらに前記不  
純物添加ファイバより出力される光増幅された信号光と

励起光を前記第2の波長多重光分岐によって分離して信  
号光を出力することを特徴とする光増幅器。

【請求項4】 前記励起光を入力又は遮断する手段を備  
え、前記励起光入力時には、光増幅された信号光を出力  
する一方、前記励起光源からの励起光遮断時には、入力  
した信号光を不純物添加光ファイバ内で光吸収させて出  
力を遮断することにより、光ゲートスイッチ機能を持た  
せたことを特徴とする請求項1～3記載の光増幅器。

【請求項5】 一方の光伝送路から入力された波長多重  
光を複数の各波長毎に分波する光分波器と、  
前記光分波器に接続された複数の光伝送路と、  
前記複数の光伝送路にそれぞれ接続された第1の光分岐  
と、

前記第1の光分岐の一方の出力に接続された光受信器と、  
前記第1の光分岐のもう一方の出力に接続された第1の  
不純物添加光ファイバと、

前記第1の不純物添加光ファイバを光励起するための少  
なくとも一つの第1の励起光源と、

前記第1の励起光源と前記第1の不純物添加光ファイバ  
とを接続する第1の波長多重光分岐と、

前記光受信器それぞれに対応し、前記波長多重光を構成  
する一の光出力を有する光送信器と、

前記各光送信器の出力にそれぞれ接続された第2の不純  
物添加光ファイバと、前記第2の不純物添加光ファイバ  
をそれぞれ光励起するための第2の励起光源と、

前記第2の励起光源と前記第2の不純物添加光ファイバ  
とを接続する第2の波長多重光分岐と、

前記第2の不純物添加光ファイバの各出力を前記複数の  
伝送路にそれぞれ接続する第2の光分岐と、

前記第1および第2の不純物添加光ファイバより出力さ  
れる信号光と励起光とを分波し、一方の端子より信号光  
を、他方の端子より励起光を出力する第3の波長多重分  
岐と、

前記第3の波長多重光分岐の一方の端子に接続され、各  
波長の信号光を他方の光伝送路へ波長多重光として出力  
する光合波器とを備えることを特徴とする波長光ADM  
機能を備えた波長多重光中継装置。

【請求項6】 前記第3の波長多重光分岐の他方の端子  
に接続され、信号光波長のみを通過させるバンドパスフ  
ィルタと、

前記バンドパスフィルタに接続され、漏洩信号光の光強  
度、S/N比等をモニタする光モニタ手段とを備えるこ  
とを特徴とする請求項5記載の波長多重光中継装置。

【請求項7】 一方の光伝送路から波長多重光を入力  
し、他方の光伝送路へ波長多重光を出力する光サーキュ  
レータと接続され、前記光サーキュレータの入出力から  
入力された波長多重光を各波長毎に分波して複数の波長  
光をそれぞれ出力する一方、前記分波された複数の波長  
光を入力して波長多重化し、前記光サーキュレータの入  
出力へ出力する光分合波器と、

前記複数の光伝送路にそれぞれ接続された第1の光分岐と、  
 前記第1の光分岐の一の光出力それぞれに接続された光受信器と、  
 前記複数の光伝送路それぞれに対応してその一方が接続された第1の不純物添加ファイバと、  
 前記第1の不純物添加ファイバの他方にそれぞれ接続され、信号光を反射し励起光を透過する光反射ミラーと、  
 前記光反射ミラーを介して前記第1の不純物添加光ファイバにそれぞれ接続され、前記第1の不純物添加光ファイバを光励起する第1の励起光源と、  
 前記光受信器それぞれに対応し前記波長多重光を構成する一の光出力をそれぞれ有する光送信器と、  
 前記光送信器の出力に接続された第2の不純物添加光ファイバと、  
 前記第2の不純物添加光ファイバを光励起するための第2の励起光源と、  
 前記第2の励起光源と前記不純物添加光ファイバとを接続する第1の波長多重光分岐と、  
 前記第2の不純物添加光ファイバの各出力と前記複数の伝送路とをそれぞれ接続する第2の光分岐と  
 一方で、前記光分合波器に接続されて波長毎に分離された信号光それぞれを入力して前記第1の不純物添加ファイバ側へ出力し、他方で、前記第1および第2の不純物添加光ファイバより出力される励起光と信号光とを分波し、信号光を前記光分合波器へ出力する第2の波長多重光分岐とを備えたことを特徴とする波長光ADM機能を備えた波長多重光中継装置。

【請求項8】 前記第2波長多重光分岐の励起光出力に接続され、信号光波長のみを通過させるバンドパスフィルタと前記バンドパスフィルタに接続され、漏洩信号光の光強度、S/N比等をモニタする光モニタを備えていることを特徴とする請求項7記載の波長多重光中継装置。

【請求項9】 一方の光伝送路から入力された波長多重光を複数の各波長毎に分波する光分波器と、  
 前記光分波器に接続され、分波された各波長の信号光を伝送する複数の光伝送路と、  
 前記複数の光伝送路にそれぞれ接続された不純物添加光ファイバと、  
 前記不純物添加光ファイバをそれぞれ光励起するための励起光源と、  
 前記励起光源と前記不純物添加光ファイバとを接続する第1の波長多重光分岐と、  
 前記不純物添加光ファイバより出力される励起光と信号光を分離する第2の波長多重光分岐と、  
 前記第2の波長多重光分岐の信号光出力に接続され、各波長の信号光を他方の光伝送路へ波長多重して出力する光合波器とを備えていることを特徴とする波長多重光中継増幅装置。

【請求項10】 前記第2の波長多重光分岐により分離された励起光出力に接続され、信号光のみを通過させるバンドパスフィルタと、

前記バンドパスフィルタに接続され、漏洩信号光の光強度、S/N比等をモニタする光モニタ手段を備えていることを特徴とする請求項9記載の波長多重光中継増幅装置。

【請求項11】 一方の光伝送路から波長多重光を入力し、他方の光伝送路へ波長多重光を出力する光サーキュレータと接続され、前記光サーキュレータの入出力から入力された波長多重光を各波長毎に分波して複数の波長光をそれぞれ出力する一方、前記分波された複数の波長光を入力して波長多重化し、前記光サーキュレータの入出力へ出力する光分合波器と、

前記複数の光伝送路それぞれに対応してその一方が接続された不純物添加光ファイバと、

前記不純物添加光ファイバの他方にそれぞれ接続され、信号光を反射し励起光を透過する光反射ミラーと、  
 前記光反射ミラーを介して前記不純物添加光ファイバにそれぞれ接続され、前記不純物添加光ファイバを光励起する励起光源と、

一方で、前記光分合波器に接続されて波長毎に分離された信号光それぞれを入力して前記不純物添加光ファイバ側へ出力し、他方で、前記不純物添加光ファイバより出力される励起光と信号光とを分離し、信号光を前記光分合波器へ出力する波長多重光分岐とを備えたことを特徴とする波長多重光中継増幅装置。

【請求項12】 前記波長多重光分岐により分離された励起光出力に接続され、信号光のみを通過させるバンドパスフィルタと、

前記バンドパスフィルタに接続され、漏洩信号光の光強度、S/N比等をモニタする光モニタ手段を備えていることを特徴とする請求項11記載の波長多重光中継増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信・光交換における波長多重光分岐挿入並びに光増幅を行う波長多重光中継増幅装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一本の光ファイバ内で波長の異なる信号光を一括伝送する波長多重方式は、大容量の光伝送を可能とし、EDFA（エルビウムドープ光ファイバ増幅器）に代表される高利得、高出力の光増幅器の登場により長距離・大容量のファイバ間光伝送が可能となった。信号を中継増幅する際に、その中継局において信号の分岐挿入を行うADM（アッド／ドロップ多重）は、より密なネットワーク網を張ることができるため、今後ますますの需要が見込まれる。

【0003】特に、信号光を電気信号に変換することな

く光のまま信号の分岐挿入を行う光ADMは、中継局の規模を小さくすることができ、また、通信速度、フォーマット無依存であるため、通信形態の変化に対してもインタフェースを置き換えることで対応が可能であり、通信の低コスト化に大きく貢献する。

【0004】光ADMの一形態として、波長多重光をノード内で分波し、各波長毎に光分岐挿入の信号処理を行い再び波長多重光に合波して次ノードに出力する波長光分岐挿入（波長光ADM）装置があげられる。これは、1ノードで最大全波長の光分岐挿入が可能である特徴をもつ。従って、上記の利点の他にサービスの需要の変化に応じて信号パスを、新たに設備投資を行うことなく切り換えることが可能である。

【0005】図15は、分波および合波の機能を一台の光分合波器で行い、各波長毎に増幅、挿入、分岐を行うように構成された波長多重光中継増幅装置の先行技術を示すものである。図15において、光伝送路110には、例えば波長が1530nm、1540nm、1550nm、1560nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの光は、アレイ導波路回折格子に代表される光分合波器410に入力されそれぞれ異なる光伝送路131～134に出力される。

【0006】波長光ADMの動作における、通過、分岐、挿入の動作について図15を参照して説明する。通過については、光伝送路131に出力された1530nmの信号光はゲート型光増幅器51で光増幅された後、光アイソレータ91を経て、分岐比1:1の光分岐12によって接続された光伝送路132を経由して光分合波器410に戻り、光分合波器410で再多重化されて光伝送路120へ出力される。分岐については、伝送路131に出力された1530nmの信号光は光分岐31に接続された光受信器71に入力され、受信される。

【0007】また、挿入については、伝送路131に出力された1530nmの信号光はゲート型光増幅器51をオフの状態にすることで光増幅器からの出力を遮断する。そして、光送信器81から出力された1530nmの信号光は、光分岐41によって光伝送路132に接続され光分合波器410に入力される。

【0008】他の波長の光が流れる光伝送路132～134についても同様の構成を介して光分合波器410に接続され光伝送路120に出力される。以上によりノード内で任意波長の光信号の増幅、分岐、挿入が可能となる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】図15に示した、分波および合波の機能を一台の光分合波器で行い、各波長毎に分岐挿入を行うとともに通過信号光の増幅を行い、ループバックさせて折り返す構成の波長多重光中継増幅装置は、光部品および制御項目の削減が可能であることから、低コストでかつ高密度の部品実装が可能である利点

がある。

【0010】しかしながら、この構成では、信号光を分岐挿入するための光分岐31～34、41～44以外に、各波長毎の伝送路間を接続するための光分岐11～14があり、光信号がノード内を往復する際に、分岐挿入用の光分岐の他にさらに2カ所の光分岐を通過することになる。

【0011】光分岐11～14の分岐比が1対1の場合、2つの光分岐による挿入損失は6dBとなる。波長多重光分岐挿入装置では、さらに分岐挿入用の光分岐の挿入損失および光分合波器の挿入損失が見込まれるため、ノード内での光レベル設計に際し自由度が制限される。この光レベルの制限を防ぐためには、ノード内の光部品の損失を削減させる方法の他に、適宜光増幅器を設置する方法がある。

【0012】波長多重光分岐挿入装置内で信号の分岐挿入を行うためのゲートスイッチとして、また、次ノードに信号光を伝送するための光増幅器としてエルビウム添加ファイバを励起光で制御（励起光入力時には信号光はEDF内で光増幅されて通過し、励起光を入力しない状態では、信号光はEDF内で吸収される。）し、信号光のゲートおよび光増幅を行うEDFAゲートが利用できる。

【0013】このEDFAゲートを、上記の折り返し構成による光損失の補償用として用いた場合、次ノードまでの伝送距離が長い場合などは励起光強度を高くする必要があるが、その場合には、ゲートON状態の際にエルビウム添加ファイバにより吸収しきれなかった励起光はそのまま光合波器に入力され、光学部品が損傷する可能性が高い。そのため、波長多重数が多い場合は励起光源から出力される励起光強度を制限する必要がある、その結果、ノード間の可能伝送距離が短くなるという問題が生じる。

【0014】本発明は、上記の従来技術の問題点に鑑み、ノード内での光損失を減らし、また、EDFAゲートスイッチ後方への励起光出力の漏れを抑制することにより、ノード間の可能伝送距離の長距離化を図ることを目的とするものである。

【0015】

【発明を解決するための手段】図15における各光伝送路131～134は、その往路と復路で通過信号光の波長が異なる。本発明は、この点に着目し、各光伝送路131～134間を接続する光分岐11～14として、光分合波機能を有する素子を用いたことを特徴としている。光分合波機能を有する素子の導入により、前記光分岐11～14による挿入損失を少なくすることができ

る。

【0016】また、本発明は、エルビウム添加光ファイバの後方にも別の光分合波機能を有する素子を設置し、励起光を分離することにより、波長多重を行う光合波器に

励起光が入力しないようにしたことを特徴としている。この手法により、光合波器には高レベルの励起光が入力されることはないので、光合波器の光損傷を防ぐことができる。また、励起光強度の大きい励起光源を採用することができるので、ノード間伝送距離の長距離化を実現することができる。

【0017】図2は、本発明において用いる波長多重光分岐（光合分波機能を有する素子）の構成例を示す図である。図2に示される波長多重光分岐151は、波長1540nmと波長1550nmの光を分波あるいは合波する機能を有する場合の例であり、光入出力1～3の光ファイバとの接続部をもっている。光入力1に入力された、波長1540nmと波長1550nmの波長多重光は波長多重光分岐151により光分波され、光入出力2に波長1550nmの光が、光入出力3に波長1540nmの光がそれぞれ出力される。それぞれのクロストークは15dB以下で、挿入損失も0.5dB以下の特性を持っている。また、光合波の際も同等の特性で光合波を行うことができる。

【0018】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施の形態を示すブロック図である。図1において、光伝送路110には、波長1530nm、1540nm、1550nm、1560nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの信号光は、アレイ導波路回折格子に代表される光合分波器410に入力され、それぞれ異なる光伝送路131～134に出力される。すなわち、光伝送路131～134の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

【0019】波長光ADMの動作における、通過、分岐、挿入について以下説明する。まず通過については、光伝送路131に出力された1530nmの信号光は波長多重光分岐151の分波機能によりゲート型光増幅器51へ出力される。ゲート型光増幅器51で光増幅された信号光は、光アイソレータ91を経て波長多重光分岐152に入力され、波長多重光分岐152の合波機能により光伝送路132へ出力される。そして光分合波器410で他の波長光と合波されて光伝送路120に出力される。

【0020】分岐については、伝送路131に出力された1530nmの信号光は、光分岐31に接続された光受信器71に入力され、受信される。また、挿入のときは、伝送路131に出力された1530nmの信号光はゲート型光増幅器51をオフの状態にすることで光ゲートからの出力を遮断する。そして、光送信機81から出力された1530nmの信号光は、光分岐41によって光伝送路132に接続され、光分合波器410を経由して光伝送路120に出力される。

【0021】他の波長の光が流れる光伝送路132～134についても同様の構成を介して光分合波器410に

接続され光伝送路120に出力される。以上によりノード内で任意波長の光信号の通過（増幅）、分岐、挿入が可能となる。

【0022】波長多重光分岐151～154は、異なる波長の光を低損失で光分合波できるため、これを用いることにより従来の1対1の光分岐を用いた場合と比較して5dB以上低損失な光中継増幅回路が実現できる。

【0023】図3は、本発明の他の実施の形態を示すブロック図である。この実施の形態においては、第1の実施の形態における、光アイソレータ91～94と、波長多重光分岐151～154の各組み合わせをそれぞれ、光サーキュレータ61～64に置き換えたものである。この手法でも、第1の実施の形態と同等の効果を得ることができ、従来の1対1の光分岐を用いた場合と比較して5dB以上低損失な光中継増幅回路が実現できる。

【0024】図4は、本発明の他の実施の形態を示すブロック図である。この実施の形態は、光分岐挿入は行わず、光中継増幅のみを行うノードに適用したものである。

【0025】図4において、光伝送路110には波長1530nm、1540nm、1550nm、1560nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの光は、アレイ導波路回折格子に代表される光合分波器410に入力されそれぞれ異なる光伝送路に出力される。すなわち、光伝送路131～134の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

【0026】光伝送路131に出力された1530nmの信号光は波長多重光分岐151の分波機能により光増幅器55へ出力される。光増幅器55で光増幅された信号光は、光アイソレータ91を経て波長多重光分岐152に入力され、波長多重光分岐152の合波機能により光伝送路132へ出力される。そして光分合波器410に入力され、光伝送路120に出力される。

【0027】他の波長の光が流れる光伝送路132～134についても同様の構成を介して光分合波器410に接続され、光伝送路120に出力される。この実施の形態において、各光増幅器55～58の利得を制御する手段を設けることにより、波長多重光の各波長の光レベルの等価を行うことができる。また、光合波器410のフィルタ効果により雑音成分が少ない光増幅器が実現できる。

【0028】また、波長多重光分岐151～154は異なる波長の光を低損失で光分合波できるため、従来の1対1の光分岐を用いた場合と比較して5dB以上の低損失化が可能であり、さらに、各波長毎に個別に増幅しているため、波長多重光一括光増幅に比べてより高利得の光中継増幅器が実現できる。

【0029】図5は、本発明の他の実施の形態を示すブロック図である。図5において、光伝送路110には波長1530nm、1540nm、1550nm、1560nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの光は、アレイ導波路回折格子に代表される光合分波器410に入力されそれぞれ異なる光伝送路に出力される。すなわち、光伝送路131～134の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

0 nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの信号光は、光増幅器55で一括増幅された後、アレイ導波路回折格子に代表される光合分波器410に入力され、それぞれ異なる光伝送路131～134に出力される。すなわち、光伝送路131～134の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

【0030】光伝送路131に出力された1530 nmの信号光は、波長多重光分岐151の分岐機能により光減衰器181へ出力される。光減衰器181で光減衰された信号光は、光アイソレータ91を経て波長多重光分岐152に入力され、波長多重光分岐152の合波機能により光伝送路132へ出力される。そして光合分波器410に入力され、光伝送路120に出力される。他の波長の光が流れる光伝送路132～134についても同様の構成を介して光合分波器410に接続され光伝送路120に出力される。

【0031】各光減衰器181～184の減衰量を制御することにより、波長多重光の各波長の光レベルの等価が可能となる。また、光合分波器のフィルタ効果により雑音成分が少なく、かつ、波長多重光分岐151～154は、異なる波長の光を低損失で光分合波できるため、従来の1対1の光分岐を用いた場合と比較して5 dB以上低損失の光利得等価器が実現できる。

【0032】図6は、本発明における光中継増幅器において利用可能なEDFAゲートスイッチの実施の形態を示す構成図である。図6において、光伝送路121には波長1550 nmの信号光が伝送されている。励起光源161より出力された波長1480 nmの励起光は、光伝送路122を通過して、光伝送路121に接続された波長多重光分岐155によって合波され、EDF141に入力される。EDF141からは光増幅された波長1550 nmの信号光とともにEDF141で吸収しきれなかった波長1480 nmの励起光が同時に出力される。

【0033】EDF141の後方に設置した波長多重光分岐156により信号光と励起光は光分波され、前者はそのまま光伝送路121に、後者は光伝送路123に出力される。この方法により、信号光と励起光を分離し、ゲートスイッチの後方への励起光出力を抑制し、ゲートスイッチの後方に接続された光学部品への強い励起光入力による光学部品の損傷を防ぐことができる。すなわち、前記の波長多重光中継増幅器における本実施の形態の光中継増幅器を用いることにより、光合分波器410に対して強い励起光が入力されることが無くなり、光合分波器410の損傷を防ぐことができる。

【0034】図7は、本発明における光中継増幅器において利用可能なEDFAゲートスイッチの他の実施の形態を示す構成図である。図7において、光伝送路121には波長1550 nmの信号光が伝送されている。励起光源163より出力された波長1480 nmの励起光

は、光伝送路122を通過して、光伝送路121に接続された波長多重光分岐157によって合波され、EDF141に入力される。EDF141からは光増幅された波長1550 nmの信号光とともにEDF141で吸収しきれなかった波長1480 nmの励起光が同時に出力される。

【0035】EDF141の後方に設置した波長多重光分岐158により信号光と励起光は光分波され、前者はそのまま光伝送路121に、後者は光伝送路123に出力される。光伝送路123に出力された励起光は、ファイバブラッググレーティングに代表される波長選択型の光反射ミラー25によって反射され、再度EDF141に励起光として入力することによってEDFの励起効率を高める。

【0036】この方法により、信号光と励起光を分離し、ゲートスイッチの後方への励起光出力を抑制し、ゲートスイッチの後方に接続された光学部品への強い励起光入力による光学部品の損傷を防ぐことができる。また、光反射ミラー25を通過した波長1550 nmの漏洩光強度を光モニタ200でモニタすることにより、光レベル制御及び障害監視を行うことができる。

【0037】図8は、本発明における光中継増幅器において利用可能なEDFAゲートスイッチのさらに他の実施の形態を示す構成図である。図8において、光伝送路121には波長1550 nmの信号光が伝送されている。励起光源163より出力された波長1480 nmの励起光は、光伝送路122を通過して、光伝送路121に接続された波長多重光分岐157によって合波され、EDF141に入力される。一方、励起光源164より出力された波長1480 nmの励起光も光伝送路123を通過して、光伝送路121に接続された波長多重光分岐158によって合波されEDF141に入力される。EDF141からは光増幅された波長1550 nmの信号光とともにEDF141で吸収しきれなかった波長1480 nmの励起光が同時に出力される。

【0038】EDF141の後方に設置した波長多重光分岐158により信号光と励起光は光分波され、前者はそのまま光伝送路121に、後者は光伝送路123に出力される。さらに、EDF141の前方に出力された励起光は波長多重光分岐157によって光分岐され光伝送路122に出力される。

【0039】この方法により、信号光と励起光を分離し、ゲートスイッチの後方への励起光出力を抑制し、ゲートスイッチの後方に接続された光学部品への強い励起光入力による光学部品の損傷を防ぐことができる。また、励起光源を分散することにより、個々の励起光源の強度を小さくすることができる。

【0040】図9は、前記のEDFAゲートスイッチを用いて波長光分岐挿入装置を構成した本発明の他の実施の形態を示す図である。図9において、光伝送路110



には波長1548nm、1554nmの2つの信号光が波長多重されている。これらの信号光は、アレイ導波路回折格子に代表される光分波器210に入力され、それぞれ異なる光伝送路131、132に出力される。すなわち、光伝送路131、132の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

【0041】この実施の形態の波長光ADMの動作における、通過、分岐、挿入について説明する。通過のときには、励起光源161は動作状態となっており、励起光源161より出力された波長1480nmの励起光は、波長多重光分岐151によって光伝送路131に出力された1548nmの信号光と合波され、EDF141に入力される。EDF141において、波長1548nmの信号光は光増幅され、EDF141において吸収されなかった励起光とともに出力される。信号光と励起光は、波長多重光分岐152により分波され、信号光は光合波器310を介して光伝送路120に出力される。

【0042】分岐については、伝送路131に出力された1548nmの信号光は、光分岐31に接続された光受信器71に入力され、受信される。

【0043】挿入のときには、励起光源161からの出力をオフの状態にすることでEDF141は不動作状態となり、光分波器210から伝送路131に出力された1548nmの信号光は遮断される。一方、励起光源163より出力された波長1480nmの励起光は波長多重光分岐155を経てEDF143に入力されており、光送信器81から出力された1548nmの挿入信号光が波長多重光分岐155を介してEDF143に入力されると、この挿入信号光はEDF143で光増幅され、EDF143で吸収できなかった励起光とともに光分岐41によって光伝送路131に出力される。さらに、波長多重光分岐152により分波され、挿入信号光は光合波器310に、また励起光はバンドパスフィルタ171へ出力される。

【0044】他の波長の光が流れる光伝送路132についても同様の構成を介して光分合波器410に接続され光伝送路120に出力される。以上によりノード内で任意波長の光信号の通過、分岐、挿入が可能となる。

【0045】伝送路131、132を流れる波長1480nmの励起光は、波長多重光分岐152、154により分波されるため光合波器310には入力されない。従って光合波器を損傷することなくEDF141～144の利得を大きくすることができる。

【0046】また、波長多重光分岐152、154より光伝送路135、136に出力された波長1548nm、1554nmの漏洩光をバンドパスフィルタ171、172で取り出し、光モニタ200で光強度をモニタすることができ、その結果を利用して波長多重光の光レベル制御および波長多重光分岐挿入装置の障害監視を行うことができる。

【0047】図10は、前記のEDFAゲートスイッチを用いて波長光分岐挿入装置を構成した本発明の他の実施の形態を示す図である。図10において、光伝送路110には、波長1530nm、1540nm、1550nm、1560nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの信号光は、光サーキュレータ60を経てアレイ導波路回折格子に代表される光分合波器410に入力され、それぞれ異なる光伝送路131～134に出力される。すなわち、光伝送路131～134の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

【0048】この実施の形態の波長光ADMの動作（通過、分岐、挿入）について、以下説明する。通過のときには、励起光源161より出力された波長1480nmの励起光は、ファイバブラッグミラーに代表される、励起光は透過し信号光は反射する光反射ミラー21を通過してEDF141に入力されている。光伝送路131に出力された1530nmの信号光はEDF141に入力され、光増幅された後、EDF141で吸収されなかった励起光とともに出力される。そして波長選択型の光反射ミラー21により信号光のみが反射され、再度EDF141で光増幅され、EDF141で吸収されなかった励起光とともに光伝送路131に出力される。信号光と励起光は、波長多重光分岐191により分波され、信号光のみが光分合波器410に出力される。

【0049】分岐については、伝送路131に出力された1548nmの信号光は、光分岐31に接続された光受信器71に入力され、受信される。

【0050】挿入のときには、励起光源161からの出力をオフの状態にすることでEDF141は不動作状態となり、光分合波器410から伝送路131に出力された1548nmの信号光は遮断される。一方、励起光源165より出力された波長1480nmの励起光は波長多重光分岐155を経てEDF145に入力されており、光送信器81から出力された1548nmの挿入信号光が波長多重光分岐155を介してEDF145に入力されると、この挿入信号光はEDF145で光増幅され、EDF145で吸収できなかった励起光とともに光分岐41によって光伝送路131に出力される。さらに、波長多重光分岐191により分波され、挿入信号光は光分合波器410に、また励起光はバンドパスフィルタ171へ出力される。

【0051】他の波長の光が流れる光伝送路132～134についても同様の構成を介して光分合波器410に接続され光伝送路120に出力され、光サーキュレータ60を経て光伝送路121に出力される。以上によりノード内で任意波長の光信号の通過、分岐、挿入が可能となる。

【0052】伝送路131～134を流れる波長1480nmの励起光は、波長多重光分岐191～194により分波されるため、光分合波器410には入力されな

い。従って光分波器410を損傷することなく、EDF141~148での利得を大きくすることができる。

【0053】また、波長多重光分岐191~194より光伝送路135~138に出力された各波長の漏洩光をバンドパスフィルタ171~174で取り出し、光モニタ200で光強度をモニタすることができ、これを利用して波長多重光の光レベル制御および波長多重光分岐挿入装置の障害監視を行うことができる。

【0054】図11は、前記のEDFAゲートスイッチを用いて波長光分岐挿入装置を構成した本発明の他の実施の形態を示す図である。図11において、光伝送路110には、波長1530nm、1540nm、1550nm、1560nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの信号光は、アレイ導波路回折格子に代表される光分合波器410に入力され、それぞれ異なる光伝送路131~134に出力される。すなわち、光伝送路131~134の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

【0055】この実施の形態における波長光ADMの動作（通過、分岐、挿入）について、以下説明する。通過のときには、励起光源161より出力された波長1480nmの励起光は、光分岐195によって合波され、EDF141に入力されている。光伝送路131に出力された1530nmの信号光は、波長多重光分岐151を通過した後EDF141に入力され、光増幅された後、EDFで吸収されなかった励起光とともに出力される。出力された信号光と励起光は、波長多重光分岐191により分波され、信号光は光アイソレータ91を経て波長多重光分岐152に入力され光伝送路132を経由して光分合波器410に出力される。

【0056】分岐については、伝送路131に出力された1530nmの信号光は、光分岐31に接続された光受信器71に入力され、受信される。

【0057】挿入のときには、励起光源161からの出力をオフの状態にすることでEDF141は不動作状態となり、光分合波器410から伝送路131に出力された1548nmの信号光は遮断される。一方、励起光源165より出力された波長1480nmの励起光は波長多重光分岐155を経てEDF145に入力されており、光送信器81から出力された1548nmの挿入信号光が波長多重光分岐155を介してEDF145に入力されると、この挿入信号光はEDF145で光増幅され、EDF145で吸収できなかった励起光とともに光分岐41によって光伝送路に出力される。さらに、波長多重光分岐191により分波され、挿入信号光は、光アイソレータ91を経て波長多重光分岐152に入力され、光伝送路132を経由して光分合波器410に出力される。また励起光は、バンドパスフィルタ171へ出力される。

【0058】他の波長の光が流れる光伝送路132~1

34についても同様の構成を介して光分合波器410に接続され、光伝送路120に出力される。以上により、ノード内で任意波長の光信号の通過、分岐、挿入が可能となる。

【0059】この実施の形態においては、光伝送路131~134同士を接続する波長多重光分岐151~154は、異なる波長の光を低損失で光分合波できるため、従来の1対1の光分岐を用いた場合と比較して5dB以上低損失な光分岐挿入回路が実現できる。

【0060】また、伝送路131~134を流れる波長1480nmの励起光は、波長多重光分岐191~194により分波されるため光分合波器410には入力されない。従って、光分合波器を損傷することなくEDF141~148での利得を大きくすることができる。

【0061】また、波長多重光分岐191~194より光伝送路135~138に出力された各波長の漏洩光をバンドパスフィルタ171~174で取り出し、光モニタ200で光強度をモニタすることができ、これを利用して波長多重光の光レベル制御および波長多重光分岐挿入装置の障害監視を行うことができる。

【0062】図12は、本発明の光中継増幅装置の他の実施の形態を示す図である。図12において、光伝送路110には、波長1548nm、1554nmの2つの信号光が波長多重されている。これらの信号光は、アレイ導波路回折格子に代表される光分波器210に入力され、それぞれ異なる光伝送路131、132に出力される。すなわち、光伝送路131、132の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

【0063】光分波器210より光伝送路131に出力された1548nmの信号光と、励起光源161より光伝送路133出力された波長1480nmの励起光は、波長多重光分岐151によって合波され、EDF141に入力される。従って、波長1548nmの信号光は、EDF141により光増幅され、EDF141で吸収されなかった励起光とともに出力される。この信号光と励起光は、波長多重光分岐152により分波され、信号光は光合波器310を介して光伝送路120に出力される。他の波長の光が流れる光伝送路132についても同様の構成を介して光合波器310に接続され光伝送路120に出力される。

【0064】この実施の形態において、各励起光源161、162の励起光強度を制御する手段を設けることにより、各伝送路に接続された光増幅器の利得制御を行うことが可能となるので、波長多重光の各波長の光レベル等価が可能となり、かつ、光分波器及び光合波器のフィルタ効果により雑音成分が少ない光増幅装置が実現できる。

【0065】伝送路131、132を流れる波長1480nmの励起光は、波長多重光分岐152、154により分波されるため、光合波器310には入力されない。

従って光合波器を損傷することなくEDF141、142の利得を大きくすることができる。

【0066】また、波長多重光分岐152、154より光伝送路135、136に出力された波長1548nm、1554nmの漏洩光をバンドパスフィルタ171、172で取り出し、光モニタ200で光強度をモニタすることができ、この結果を利用して、波長多重光の光レベル制御および光増幅器の障害監視を行うことができる。

【0067】図13は、本発明の光中継増幅装置の他の実施の形態を示す図である。図13において、光伝送路110には、波長1530nm、1540nm、1550nm、1560nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの信号光は、光サーキュレータ60を経てアレイ導波路回折格子に代表される光分合波器410に入力され、それぞれ異なる光伝送路131~134に出力される。すなわち、光伝送路131~134の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

【0068】光分合波器410により分波され、光伝送路131に出力された1530nmの信号光はEDF141に入力される。一方、励起光源161より出力された波長1480nmの励起光はファイバブラッグミラーに代表される光反射ミラー21を通過してEDF141に入力されているので、波長1530nmの信号光はEDF141により光増幅された後、光反射ミラー21により信号光のみが反射されて再度EDF141で光増幅され、EDF141で吸収されなかった励起光とともに光伝送路131に出力される。この信号光と励起光は、波長多重光分岐191により分波され、信号光のみが光分合波器410に出力される。

【0069】他の波長の光が流れる光伝送路132~134についても同様の構成を介して光分合波器410に接続され光伝送路120に出力され、光サーキュレータ60を経て光伝送路121に出力される。

【0070】この実施の形態においても、各励起光源161~164の励起光強度を制御することにより、各光増幅器の利得制御が可能であるので、波長多重光の各波長の光レベル等価が可能となる。また、光分合波器のフィルタ効果により雑音成分が少ない光増幅器が実現できる。さらに、各波長毎に個別に光増幅しているので、波長多重光一括光増幅に比べてより高い光出力が得られる。

【0071】また、伝送路131~134を流れる波長1480nmの励起光は、波長多重光分岐191~194により分波されるため、光分合波器410には入力されない。従って光分合波器を損傷することなくEDF141~144での利得を大きくすることができる。

【0072】また、波長多重光分岐191~194より光伝送路135~138に出力された各波長の漏洩光をバンドパスフィルタ171~174で取り出し、光モニ

タ200で光強度をモニタすることができ、これを利用して波長多重光の光レベル制御および光増幅器の障害監視を行うことができる。

【0073】図14は、本発明の波長多重光中継増幅装置の他の実施の形態を示す図である。図14において、光伝送路110には、波長1530nm、1540nm、1550nm、1560nmの4つの信号光が波長多重されている。これらの信号光は、アレイ導波路回折格子に代表される光分合波器410に入力され、それぞれ異なる光伝送路に出力される。すなわち、光伝送路131~134の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

【0074】光伝送路131に出力された1530nmの信号光は、波長多重光分岐151を通過した後、光分岐195によって励起光源161より出力された波長1480nmの励起光と合波され、EDF141に入力される。波長1530nmの信号光は、EDF141により光増幅され、EDF141で吸収されなかった励起光とともに出力される。この信号光と励起光は、波長多重光分岐191により分波され、信号光は光アイソレータ91を経て波長多重光分岐152に入力され光分合波器410に出力される。他の波長の光が流れる光伝送路132~134についても同様の構成を介して光分合波器410に接続され、光伝送路120に出力される。

【0075】この実施の形態においても、各励起光源161~164の励起光強度を制御する手段を設けることにより、各光増幅器の利得制御を行うことができるので、波長多重光の各波長の光レベル等価が可能となる。さらに、光分合波器のフィルタ効果により雑音成分が少ない光増幅器が実現できる。

【0076】また、光伝送路131~134同士を接続する波長多重光分岐151~154は、異なる波長の光を低損失で光分合波できるため、従来の1対1の光分岐を用いた場合と比較して5dB以上低損失な光中継増幅装置が実現できる。さらに、伝送路131~134を流れる波長1480nmの励起光は、波長多重光分岐191~194により分波されるため光分合波器410には入力されない。従って、光分合波器を損傷することなくEDF141~148での利得を大きくすることができる。

【0077】また、波長多重光分岐191~194より光伝送路135~138に出力された各波長の漏洩光をバンドパスフィルタ171~174で取り出し、光モニタ200で光強度をモニタすることができ、これを利用して波長多重光の光レベル制御および波長多重光増幅装置の障害監視を行うことができる。

【0078】なお、本発明の実施の形態においては、光伝送路における波長多重数は2もしくは4として説明しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、8、16、32、64等任意の波長数に設定することが

できる。また、入力光の波長も1550nm帯に限定されるものではなく、1300nm帯など自由に設定できる。また、信号速度も特に限定されるものではなく、2.5Gbps、5Gbps、10Gbpsとビットレートフリーの設定が可能である。

【0079】また、光分波器、光合波器、光分合波器については、アレイ導波路回折格子を例に挙げて説明しているが、同等の機能を有するグレーティング構造をもつ波長ルータ、波長MUXカプラーなど、あるいは光分岐と干渉膜フィルターの組み合わせなどで同等の機能を有する物であれ変更して実施することができる。さらに、アレイ導波路回折格子などに代表される前記光分波、光合波、光分合波器は、各波長により挿入損失が異なるため、適宜各導波路に光減衰器を挿入して光レベルの等価を行うことができる。

【0080】同様に、各EDFAゲートおよび光増幅器の利得を制御することにより、もしくは、図10、図13の実施の形態における光反射ミラーの反射率を制御することにより各波長毎に光レベルの等価を行うことも可能である。

【0081】また、各実施の形態で示した光分岐挿入のための光分岐の設置位置も、分岐、挿入、通過の機能を妨げるもののない範囲で自由に変更可能である。

【0082】また、EDFAゲートの構成は、特にEDF（エルビウム添加ファイバ）に限るものではなく、アルミニウム、テルルなどをファイバに不純物として添加し、励起光源により励起して光増幅を行う構成のものであれば代用可能である。さらに、励起光の波長も1480nmに限定されるものではなく、980nm等でも代用可能である。さらに、不純物添加光ファイバの長さも、ドーピング量、励起光強度、スイッチとしての所要消光比、挿入損失等によって適宜任意の値に設定でき、集積化するには、上記の設定を考慮して最短化することが可能である。さらに、励起方法も前方励起、後方励起、前後方励起、偏波多重方法など用途に応じて自由に設定可能である。

【0083】また、光分岐と光アイソレータの組み合わせを、光サーキュレータに置き換えることも可能である。

【0084】また、ループバック構成実施の形態においては、光伝送路同士を接続する波長多重光分岐は、できるだけ離れた波長の信号光を分合波する方が、低挿入損失、低クロストーク化の点では有利である。

【0085】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、波長多重光分岐を用いることにより、ノード内の挿入損失を低減することができる。また、EDFAゲートス

witchの後方に波長多重光分岐を配置することにより、EDFで吸収できなかった励起光を分波することができ、ゲートスイッチ後方への励起光出力を抑制し光学部品の損傷を防ぐことができる。従って、装置の小型化、ノード間伝送の長距離化が可能となり、通信コストの低減化を図ることができる。

【0086】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態を示す図である。

【図2】本発明の実施の形態において用いる波長多重光分岐の構成を示す図である。

【図3】本発明の他の実施の形態を示す図である。

【図4】本発明の他の実施の形態を示す図である。

【図5】本発明の他の実施の形態を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態にかかる光中継増幅器の構成を示す図である。

【図7】本発明の実施の形態にかかる光中継増幅器の構成を示す図である。

【図8】本発明の実施の形態にかかる光中継増幅器の構成を示す図である。

【図9】本発明の他の実施の形態を示す図である。

【図10】本発明の他の実施の形態を示す図である。

【図11】本発明の他の実施の形態を示す図である。

【図12】本発明の他の実施の形態を示す図である。

【図13】本発明の他の実施の形態を示す図である。

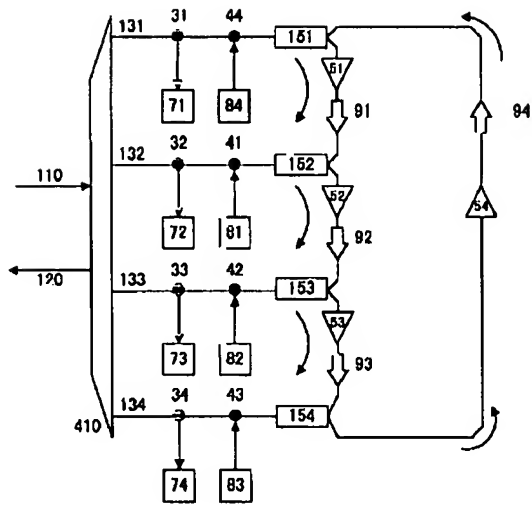
【図14】本発明の他の実施の形態を示す図である。

【図15】従来例を示す図である。

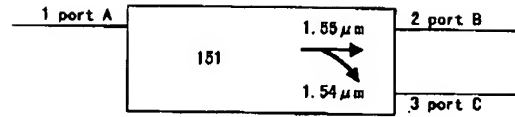
【符号の説明】

110、120、121、131～138	光伝送路
11～14、31～34、41～44	光分岐
21～25	光反射ミラー
51～54	ゲート型光増幅器
55～58	光増幅器
60～64	光サーキュレータ
71～74	光受信器
81～84	光送信器
91～94	光アイソレータ
141～148	EDF
151～158、191～194	波長多重光分岐
161～168	励起光源
171～174	バンドパスフィルタ
181～184	光減衰器
200	光モニタ
210	光分波器
310	光合波器
410	光分合波器

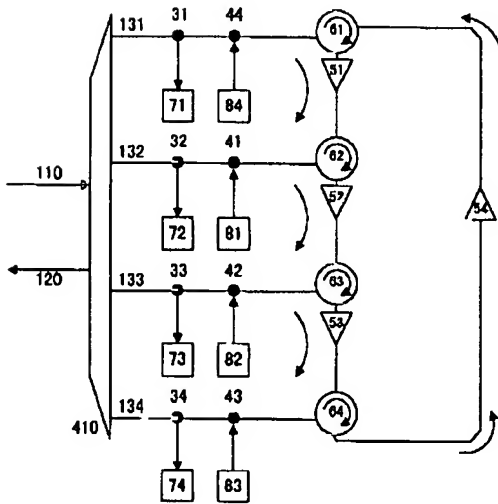
【圖 1】



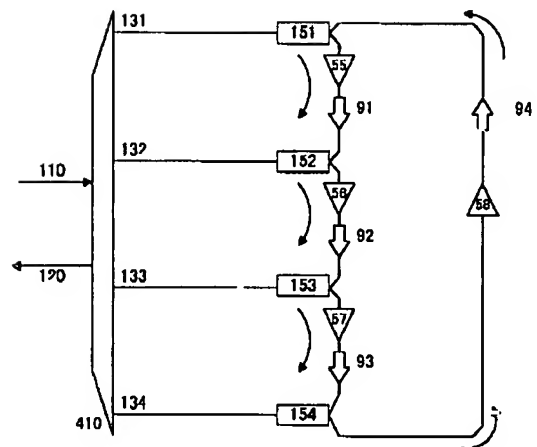
【圖 2】



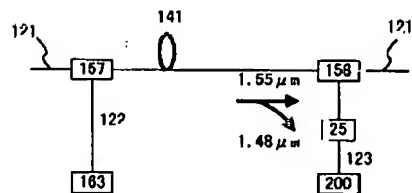
【圖 3】



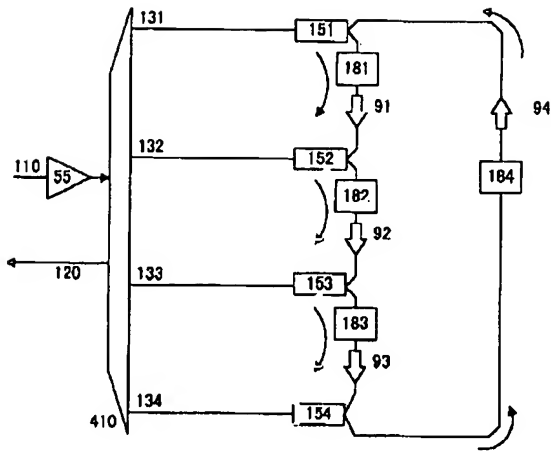
【圖 4】



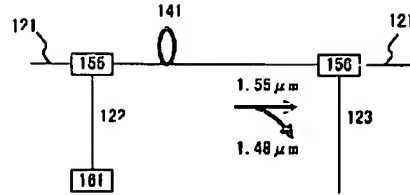
【圖 7】



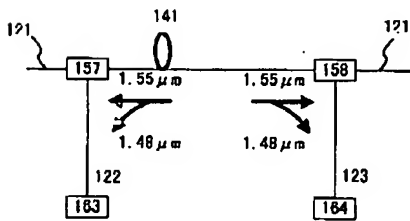
【図5】



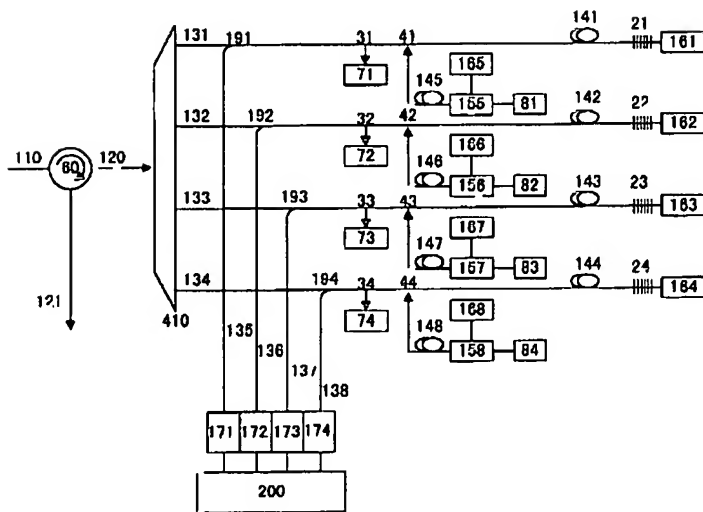
【図6】



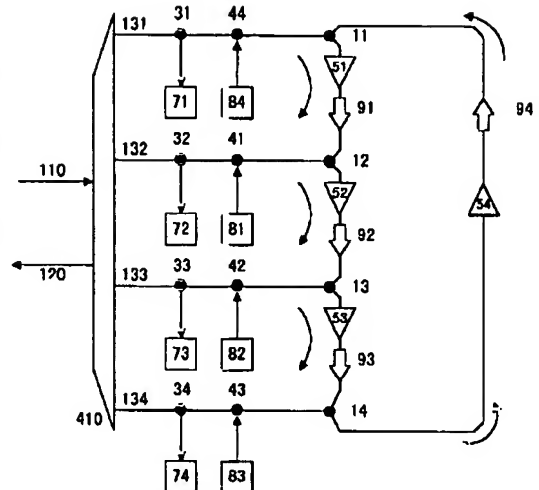
【図8】



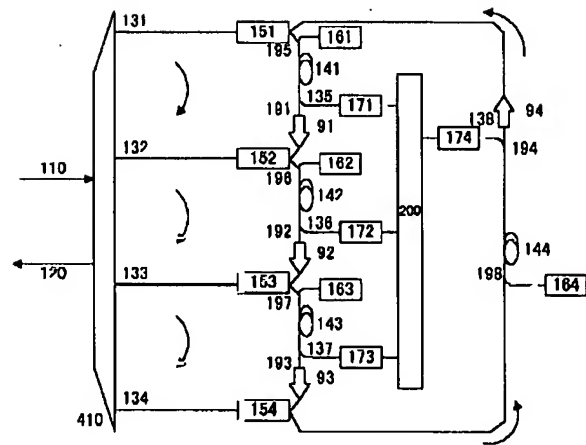
【図10】



【図15】







(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
H 0 4 J 14/02

F I

(参考)